190

Aus dem Pharmakologischen Institut in Giessen.

ÜBER DIE BINDUNG DES CHLOROFORMS IM BLUTE.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der

veterinär-medizinischen Doktorwürde

der

vereinigten medizinischen Fakultät

der

Grossherzoglich Hessischen Ludwigs-Universität zu Giessen

vorgelegt von

Hermann Sturhan
Oberveterinär aus Darmstadt.

Mit einer Abbildung.

Giessen 1907
Hof- und Universitäts-Druckerei, Otto Kindt, Giessen.

Aus dem Pharmakologischen Institut in Giessen.

ÜBER DIE BINDUNG DES CHLOROFORMS IM BLUTE.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der

veterinär-medizinischen Doktorwürde

der

vereinigten medizinischen Fakultät

der

Grossherzoglich Hessischen Ludwigs-Universität zu Giessen

vorgelegt von

Hermann Sturhan
Oberveterinär aus Darmstadt.

Mit einer Abbildung.

Giessen 1907
Hof- und Universitäts-Druckerei, Otto Kindt, Giessen.

Gedruckt mit Genehmigung der vereinigten medizinischen Fakultät zu Giessen.

Referent: Prof. Dr. Geppert.

Meinen Eltern

GEWIDMET.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154005_0343

Schmiedeberg hat zuerſt bewieſen, daß ſich Chloroform, das man dem Blute zuſetzt, ungleichmäßig verteilt; der größere Teil haftet an den roten Blutkörperchen, der geringere am Serum, wie die Verſuche am ſendimentierten Blut ergaben. Daraus mußte gefolgert werden, daß die Bindung des Chloroforms im Blut nicht der eines Dampfes im Waſſer gleicht, ſondern daß hier noch eine ſpezifiſche Anziehung durch beſtimmte chemiſche Stoffe anzunehmen iſt. Hier kommen die Fette und fettartigen Subſtanzen (Choleſterin, Lecithin u. ſ. w.) in Betracht, von denen man weiß, daß ſie Beſtandteile der roten Blutkörperchen ſind. Doch iſt ein ſtrikter Beweis für die Richtigkeit dieſer Annahme bis jetzt noch nicht geliefert. Daher erſchien eine genauere Unterſuchung notwendig.

Zuerſt mußte feſtgeſtellt werden, ob das Blut bei ſonſt gleichen Verhältniſſen in der Tat mehr Chloroform aufzunehmen imſtande iſt als deſtilliertes Waſſer. War dieſe Frage zu bejahen, ſo mußte unterſucht werden, ob Löſungen der Blutkörperchen nach Extraktion der fettartigen Stoffe jetzt in der Tat keine andere Bindungsfähigkeit für Chloroform beſäßen als Waſſer. Es war demnach zunächſt der Abſorptionskoëffizient des Chloroformdampfes gegenüber Waſſer und ſodann gegenüber Blut reſp. Löſungen von Cruor zu beſtimmen. Die Vorbedingung für die Löſung einer ſolchen Aufgabe iſt, daß man über Chloroformdampf von beſtimmter Spannung, oder mit anderen Worten, über ein Gasgemiſch verfügt, das eine beſtimmte Chloroformmenge enthält. Mit dieſem ſättigt man die betreffende

Flüſſigkeit bei beſtimmter Temperatur ab, und analyſiert dann den Chloroformgehalt derſelben.

Der Apparat zur Erzeugung eines konſtanten Gemiſches von Chloroformdampf und Luft iſt in den Arbeiten aus dem pharmakologiſchen Inſtitut öfters beſchrieben; zuletzt in der Arbeit von Dunker*). Wie aus der l. c. gegebenen Darſtellung erſichtlich, entſtrömen dem Apparat ungefähr 20 l in der Minute, die einen ganz gleichmäßigen Chloroformgehalt haben und zwar bei meinen Verſuchen 1,4—1,42 %. Um mit dieſem Gemiſch Waſſer oder Blut abzuſättigen, wird eine Spritzflaſche mit der betreffenden Flüſſigkeit gefüllt, und nun ein Zweigſtrom aus dem Apparat vermittelſt zweier communicierender Waſſerflaſchen in bekannter Weiſe durchgeſaugt. Meine Saugflaſchen hatten einen Inhalt von 4 l. Da während einer Stunde 6 mal die Flaſche geleert wurde, paſſierten etwa 24 l Gas die Spritzflaſche. Weil das Blut beim Durchſtrömen des Gaſes aufſchäumte, wurde auf das ausführende Rohr der Spritzflaſche ein etwa 50 cm hoher, mehrfach ampullenförmig erweiterter Glasaufſatz geſetzt, aus dem der Schaum zurückfließen konnte. Während des Sättigens verdunſtet Waſſer. Um daher die zurückbleibende Flüſſigkeitsmenge genau zu beſtimmen, wurde die Flaſche leer und am Ende des Verſuchs gewogen. Die Differenz gibt die mit dem betreffenden Chloroformdampfgemiſch geſättigte Flüſſigkeitsmenge. — Es war nun ferner zu unterſuchen, ob wirklich eine vollkommene Abſättigung der Flüſſigkeit mit dem betreffenden Chloroformdampfgemiſch eintrat. Zu dem Zweck ſetzt man in Kontrollverſuchen der Flüſſigkeit zunächſt eine weſentlich größere Menge flüſſigen Chloroforms zu, als man nach der Abſättigung erwarten darf, löſt es ſorgfältig, und leitet nun den Chloro-

*) Dunker, „Über die Sättigung des Tierkörpers mit Chloroform während der Narkose“. Giessen 1907. Inaugural-Dissert.

formdampf der betreffenden Spannung wieder hindurch. Ergibt dann die Analyſe das gleiche Reſultat, wie bei der erſten Art der Abſättigung, ſo iſt der Abſorptionskoëffizient ſicher beſtimmt. Die Verſuche wurden bei Körpertemperatur im Waſſerbade angeſtellt. In der zu ſättigenden Flüſſigkeit befand ſich ein Thermometer. Die Analyſe der Flüſſigkeit auf ihren Chloroformgehalt wurde in verſchiedener Weiſe vorgenommen. Waſſer wurde in gemeſſener Menge unter Zuſatz von Alkohol und chlorfreier Natronlauge verſeift, das Blut dagegen von Chloroform nach der im pharmakologiſchen Inſtitut üblichen Methode befreit*) und das Chloroform beſtimmt.

Wie oben auseinandergeſetzt, ſollte, nachdem der Abſorptionskoëffizient des Waſſers beſtimmt war, unterſucht werden, ob eine Löſung der roten Blutkörperchen im Waſſer denſelben Abſorptionskoëffizienten zeigen würde, wenn ihr die fettartigen Stoffe entzogen wären. Der Sicherheit halber wurde dabei jedes Mal mitbeſtimmt, ob die Löſung der roten Blutkörperchen wirklich mehr Chloroform aufnimmt, als reines Waſſer. Um die nötigen Löſungen der Blutkörperchen herzuſtellen, wurde das Blut zunächſt mit der 9 fachen Menge 0,8 %iger Kochſalzlöſung verdünnt und zentrifugiert. Auf dieſe Weiſe erhält man die roten Blutkörperchen relativ rein im Sediment. Dann nimmt man das auf dem Serum ſtehende Fett zunächſt mit Äther ab, und ſaugt die oben ſtehende Serumſchicht fort. Die reſtierende Cruormenge löſt man in einer gemeſſenen Quantität Waſſer und teilt ſie in 2 gleiche Teile. Den erſten ſättigt man direkt mit Chloroformluft, den zweiten befreit man zuerſt von den fettartigen Stoffen. Zu dem

*) Günter, „Der Chloroformgehalt von Blut, Leber und Niere während der Narkose“. Giessen 1906. Inaugural-Dissertation.

Zweck ſchüttelt man ihn mit gereinigtem Petrol-Äther (Siedepunkt bis 70° C.) aus, und läßt 2 Tage im Scheidetrichter abſetzen. Hierauf wird die wäſſerige (untere) Schicht für ſich abgezogen und von etwa darin haftendem Petroläther befreit. Zu dem Zweck wird zuerſt zentrifugiert, und dann über die Oberfläche nur kräftiger Luftſtrom geblaſen. Zum Schluß wird dabei die Flüſſigkeit noch ſchwach erwärmt. Am Ende verſchwindet der Geruch nach Petroläther vollkommen, und nun wird die Menge der Flüſſigkeit gemeſſen und ſie ſelbſt mit Chloroformdampf abgeſättigt.

Zur Beſtimmung des Chloroforms im Blut und Cruor wurde die ſchon von Günter l. c. beſchriebene Methode verwandt. Nur wurde das Chloroform durch Paraffinum liquidum ſtatt durch Olivenöl abſorbiert. Der Vollſtändigkeit halber ſei die ſo umgeſtaltete Methode noch einmal ausführlich auseinander geſetzt (ſ. die Abbildung). Das Prinzip iſt folgendes:

Ein Luftſtrom zirkuliert in einem geſchloſſenen Kreiſe vom Blute, das entgaſt werden ſoll, zum Paraffinum liquidum, und von dieſem zum Blut zurück. Dabei belädt er ſich jedesmal im Blut mit Chloroform und gibt es an das Paraffinum liquidum ab. Das Paraffin muß während des Betriebes mehrmals durch neues erſetzt werden, da ſonſt die Abſorption keine vollkommene iſt. Die Bewegung der Luft wird durch eine kleine Queckſilberpumpe bewirkt. Sie hat folgende Konſtruktion: Ein breites T-Stück *C* aus Glasrohr iſt an einem Stativ ſo befeſtigt, daß der untere Schenkel ſenkrecht, mit der Mündung nach unten ſteht. Er iſt etwa 20 cm lang. Ein gläſerner, etwas weiterer und mit Queckſilber gefüllter Zylinder *a* wird von unten über den ſenkrechten Schenkel des T-Stückes gezogen. Senkt man den Zylinder,

ſo wird Luft in das T-Stück eingeſogen, hebt man ihn, dann wird ſie ausgeſtoßen. Vor den beiden Mündungen des horizontalen Querſchenkels befinden ſich 2 Queckſilberventile, die die Luft von der einen Seite herein und nach der anderen heraustreten laſſen. Vom Auslaßventil B geht eine Rohr- und Schlauch-Verbindung (k, l) zu dem Erlenmeierſchen Kolben C, in dem ſich die zu entgaſende Flüſſigkeit befindet. Die zirkulierende Luft tritt von oben in dieſes Gefäß ein durch das Glasrohr *l*, das mit einem Stopfen feſt eingeſetzt iſt und faſt bis auf den Boden des Gefäßes reicht; ſie tritt aus durch ein ſeitliches Rohrſtück, das zu einem U-Rohr *D* führt. Es hat den Zweck, übergehenden Schaum aufzufangen. Vom U-Rohr tritt die Luft in das Abſorptionsrohr *E* ein, das mit Paraffin zum Teil gefüllt iſt. Es bildet an der dem U-Rohr zugekehrten Seite einen nach oben konkaven Bogen, der dem Tiſch aufliegt, während das andere Ende in die Höhe ſteigt, ſodaß ſich das Paraffin an der tiefſten Stelle ſammelt. Durch ein Gummiſtück *g* iſt es dann mit dem Einlaßventil der Pumpe verbunden. Der Erlenmeierſche Kolbe *C* mit der zur Entgaſung kommenden Flüſſigkeit iſt auf einem Geſtell *e* befeſtigt, das mit einer horizontalen Achſe feſt verbunden iſt und dieſe nach oben hin etwa 4 cm überragt. Von dieſer Verlängerung geht eine Schnur *f* ziemlich wagerecht über eine Rolle *c* und ſteigt dann zur Queckſilberpumpe hinab, an deren Queckſilber-Zylinder ſie befeſtigt iſt. Die Achſe ruht in 2 Lagern *m* und *n*, und wird in ihnen um etwa 90° hin und her gedreht. Die Methode dieſer Drehung iſt durch die Konſtruktion *o* (Eiſenſtab, der in der Achſe ſteckt mit Kette, die zum Excenter *p* führt) angedeutet, das Rad, das zum Excenter *p* gehört, wird durch einen Elektromotor getrieben. Iſt das Ganze in Betrieb geſetzt, ſo pendelt der Kolben *c* mit der Flüſſigkeit hin und her und die Pumpe geht auf und nieder. Bei meinen Verſuchen machte die Pumpe in der Minute

44 Hübe. Das Paraffin in der Glasröhre hatte eine Länge von 15 cm Es ift leicht, eine annähernde Berechnung aufzuftellen, wieviel Luft unter diefen Bedingungen zirkuliert. Man braucht zu dem Zweck nur die Anzahl der Luftblafen im Paraffin zu zählen, und die Länge der Paraffinfäule bei Durchtritt der Luft zu beftimmen. Denn die Länge der Paraffinfäule gibt an, wieviel Luft jetzt im Paraffin enthalten ift, und aus diefer Ziffer, fowie aus der Zahl der Blafen ergibt fich die Größe jeder Blafe. Angenommen z. B. es befänden fich 10 ccm Paraffin in der Röhre, und nähmen urfprünglich 10 cm der Röhre ein, fo würde fich bei Luftdurchtritt die Paraffinfäule auf 30 cm verlängern, und es würden demnach 20 ccm Luft im Paraffin enthalten fein. Wenn fich nun 10 Luftblafen zu gleicher Zeit im Paraffin befinden, fo würde jede Blafe 2 ccm Luft entfprechen. Paffieren nun in der Minute 20 Blafen eine Stelle des Rohres, fo beträgt der Luftdurchtritt 40 ccm.

Zunächft unterfuchte ich, ob fich das Chloroform im Paraffin genau beftimmen läßt. Die Beftimmung wurde in folgender Weife gemacht: Eine gemeffene Menge Paraffinum liquidum wird in eine Flafche gegoffen und mit einer genau abgewogenen Chloroformmenge vermifcht. Das Zufetzen des Chloroforms gefchieht in der Weife wie es fchon früher in den Arbeiten aus dem pharmakologifchen Inftitut befchrieben worden ift (f. Günter pag. 7). Ein dünnes, an einer Seite gefchloffenes Kapillarröhrchen wird in Chloroform geworfen und nun das Chloroform abwechfelnd erhitzt und abgekühlt. Dabei füllt fich das Röhrchen faft ganz. Die Differenz zwifchen dem Gewicht des Röhrchens vor und nach der Füllung ergibt die Chloroformmenge. Alsdann wird das Röhrchen in das Paraffin geworfen, energifch zerftoßen und mit dem Paraffin ver-

miſcht. Um das Chloroform im Paraffin zu beſtimmen, wird es zunächſt mit abſolutem Alkohol daraus extrahiert. Zu dem Zwecke wird das Paraffin mit der doppelten Menge Alkohol geſchüttelt und dann behufs ſchnelleren Abſetzens zentrifugiert. Der Alkohol klärt ſich dabei vollkommen, wird oben abgeſogen und die Prozedur dreimal wiederholt. Die Alkoholmengen werden vereint und mit 25 ccm 3%igen Natriumalkoholats am Rückflußkühler verſeift. Dann wird der Alkohol abdeſtilliert, der Reſt mit Waſſer verdünt, ſchwach angeſäuert und mit gereinigtem Petrol-Äther dreimal ausgeſchüttelt, um das noch vorhandene Paraffin zu entfernen. Der Petrol-Äther wird mit Waſſer gewaſchen und dieſes der urſprünglichen Flüſſigkeit hinzugeſetzt. Alsdann wird zur vollſtändigen Verflüchtigung des Petrol-Äthers aufgekocht. Zum Schluß wird mit chlorfreier Natronlauge gegen Lakmus und Phenolphtalein neutraliſiert. Endlich wird unter Zuſatz von Kaliumchromat mit $^1/_{10}$ Normal-Silbernitratlöſung titriert. Entfernt man das Paraffin nicht aus der Flüſſigkeit, ſo erhält man bei der Titrierung ſtets etwas zu kleine Werte.

Die Verſuche geſtalten ſich im einzelnen folgendermaßen:

Zuerſt überzeugte ich mich wie meine Vorgänger, wie genau ſich Chloroform im Alkohol beſtimmen ließ, wenn es im Kapillarröhrchen hineingetan iſt.

1. Verſuch.

Angewandtes Chloroform		0,0134
Gefundenes	„	0,0132
	Verluſt:	0,0002

(3,3 ccm der $^1/_{10}$ Normal-Silbernitrut-Löſung.)

2. Verfuch.

Angewandtes Chloroform		0,0243
Gefundenes	„	0,0236
	Verluft:	0,0007

(5,9 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

3. Verfuch.

Angewandtes Chloroform		0,0105
Gefundenes	„	0,0100
	Verluft:	0,0005

(2,5 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

4. Verfuch.

Angewandtes Chloroform		0,0329
Gefundenes	„	0,0320
	Verluft:	0,0009

(8 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

Auch diefe Refultate beweifen, daß das Chloroform auf diefe Weife genau beftimmt wird.

Nunmehr wurden Verfuche angeftellt über den Nachweis des Chloroforms in Paraffinum liquidum. Bei den erften, unvollkommenen Verfuchen wurde das Paraffin nicht vollftändig vor der Titrierung entfernt, da die Ausfchüttelung mit Petrol-Äther unterblieb. Es wurden verwandt 40 ccm Paraffin; dreimal wurde mit je 80 ccm Alkohol gefchüttelt und ebenfo oft 10 Minuten lang zentrifugiert.

5. Verfuch.

Angewandtes Chloroform		0,0254
Gefundenes	„	0,0244
	Verluft:	0,001

(6,1 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

6. Verſuch.

Angewandtes Chloroform		0,0241
Gefundenes	„	0,022
	Verluſt:	0,0021

(5,5 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

7. Verſuch.

Angewandtes Chloroform		0,0072
Gefundenes	„	0,0066
	Verluſt:	0,0006

(1,65 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

In den folgenden Verſuchen wurde nach der oben beſchriebenen Methode verfahren, und das Paraffin ganz mit Petrol-Äther entfernt.

8. Verſuch.

Angewandtes Chloroform		0,03
Gefundenes	„	0,0298
	Verluſt:	0,0002

(7,45 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

9. Verſuch.

Angewandtes Chloroform		0,0306
Gefundenes	„	0,0306
	Verluſt:	0

(7,65 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

Wie aus den Verſuchen hervorgeht, kann man alles Chloroform im Paraffin nach dieſen Methoden beſtimmen.

Um weiterhin nachzuweiſen, daß im eben beſchriebenen Apparat vom Paraffin der Chloroformdampf quantitativ aufgenommen wird, wurde deſtilliertes Waſſer, das mit einer beſtimmten Chloroformmenge verſetzt war, entgaſt und das Chloroform nachher beſtimmt.

Die Verfuche geftalteten fich folgendermaßen:

1. Verfuch.

Etwa 150 ccm Waffer werden in einen Erlenmeierfchen Kolben von etwa 640 ccm Inhalt gefüllt und diefem dann die mit Chloroform gefüllte Kapillare zugefügt und im Waffer zerftoßen. Während des Verfuches wird das Paraffin etwa alle 2 Stunden gewechfelt, fodaß bei viermaligem Wechfel 40 ccm Paraffin refultieren. Die 4 Paraffinvorlagen werden gemeinfam analyfiert.

Angewandtes Chloroform		0,02
Gefundenes	„	0,0188
	Verluft:	0,0012

(4,7 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.)

Eine 5. Paraffinvorlage ergab nach 3ftündigem Durchleiten kein Chloroform mehr.

2. Verfuch.

Angewandtes Chloroform		0,0209
Gefundenes	„	0,0200
	Verluft:	0,0009

(5,0 ccm der N.-L.)

Auf diefe Weife war feftgeftellt, daß fich alles dem Waffer zugefetzte Chloroform wieder finden ließ.

Bei diefen Verfuchen zeigt es fich, daß die Beftimmung des Chloroforms im Paraffin der im Olivenöl überlegen ift, da man

1. keine Verafchung nötig hat,
2. die Titrierumfchläge leichter erkennen kann als bei der früheren Beftimmung.

Meine weiteren Unterfuchungen bezweckten, zunächft den Abforptionskoeffizienten des Waffers gegen Chloroformdampf von beftimmter Spannung feftzuftellen. Die Verfuche wurden in der oben gefchilderten Weife ange-

ſtellt. Es wurde in einem Kolben Waſſer durch Durchleiten von Chloroformdampf von 1,4 % gefättigt. Der Kolben ſtand in einem Waſſerbade von 10° C. und ſpäter von 37° C. Im Waſſer befand ſich während der Abſättigung ein Thermometer. Während des Verſuches wurde die Temperatur konſtant erhalten. Nach Beendigung der Durchleitung wurde, während der Kolben noch im Waſſerbade ſtand, die Temperatur ſeines Inhalts gemeſſen. Ferner wurden mit einer Pipette 25 ccm Waſſer entnommen und in ein bereit ſtehendes Gefäß gefüllt, welches bereits den zur Verſeifung dienenden Alkohol (100 ccm) und 25 ccm 3 %iges Natronalkoholat enthielt. Hierbei wurde beachtet, daß die Ausflußöffnung der Pipette ſich bei der Entleerung unter dem Niveau der alkoholiſchen Flüſſigkeit befand, ſodaß das Chloroformwaſſer gar nicht mit der Luft in Berührung kam und kein Chloroform verdunſten konnte. Darauf wurde verſeift, und das Chloroform beſtimmt, wie oben angegeben. — Zur Kontrolle wurde dann von vornherein im Waſſer eine größere, flüſſige Chloroformmenge gelöſt und im übrigen verfahren, wie oben beſchrieben. Dabei verminderte ſich der Chloroformgehalt des Waſſers und mußte ſich mit den früheren Beſtimmungen decken.

Im einzelnen geſtalten ſich die Verſuche folgendermaßen:

1. Verſuch.

Nach $^1/_4$ ſtündigem Durchleiten des 1,4 % Chloroformdampfes durch Waſſer von 10° C. ergab die entnommene Probe von 25 ccm einen Chloroformgehalt von 0,022 g (5,5 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.) = 0,088 %.

2. Verſuch.

Nach 18 Minuten langem Durchleiten bei 36° C. ergaben die entnommenen 25 ccm Waſſer einen Chloroformgehalt von 0,006 g (1,5 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.) = 0,024 %.

3. Verfuch.

Es wurden 0,017 g flüffiges Chloroform 30 ccm Waffer in der oben befchriebenen Weife zugefügt, und durch diefes Chloroformwaffer bei 37° C. 20 Minuten lang Chloroformdampf hindurchgeleitet. Die Analyfe der entnommenen 25 ccm Waffer ergab einen Chloroformgehalt von 0,0056 g (1,4 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.) = 0,0224%.

4. Verfuch.

Nach halbftündigem Durchleiten des 1,4%igen Chloroformdampfes durch Waffer von 37,3° C. ergab die Analyfe 0,0055 g Chloroform (1,375 ccm der $^1/_{10}$ N.-L.) = 0,022%.

Es ergibt fich aus diefen Verfuchen, daß 100 ccm Waffer bei Sättigung mit 1,4%igem Chloroformdampf aufnehmen

bei 10	° C.	0,088 % Chl.
„ 36	° „	0,024 % „
„ 37	° „	0,0224% „
„ 37,3	° „	0,022 % „

Weiter war zu unterfuchen:

1. Wie viel Chloroformdampf nimmt eine beftimmte Menge Blut bei Sättigung mit 1,4%igem Chloroformgemifch auf,
2. wie viel nehmen die Blutkörperchen desfelben Blutes auf,
3. wie viel nehmen die entfetteten Blutkörperchen auf?

Für die Löfung der 2. Frage, wieviel Chloroform die Blutkörperchen aufnehmen, ift folgende Überlegung anzuftellen: Die Blutkörperchen werden nach dem Zentrifugieren im Waffer gelöft. Wird diefe Löfung nun mit Chloroformdampf abgefättigt, fo muß man nach dem Gefamtgewicht zunächft berechnen, wieviel Chloroform diefelbe Menge

Waſſer abſorbieren würde, und muß dieſe Ziffer von der Geſamtabſorption abziehen, um die Bindung durch die roten Blutkörperchen zu berechnen. Angenommen z. B. es wären 100 g. Löſung mit Chloroformdampf von 1,4% abgeſättigt, und enthielten 0,040 g. Chloroform, ſo würden 100 g Waſſer nur 0,022 g enthalten. Demnach würden enthalten die roten Blutkörperchen: 0,040 — 0,022 = 0,018 g. Es iſt zuzugeben, daß dieſe Rechnung einen kleinen Fehler hat. Denn die 100 g Löſung beſtehen aus Waſſer und feſten Stoffen; und man dürfte eigentlich nur die Abſorption des Waſſers in Anrechnung bringen, während hier die ganze Löſung als Waſſer betrachtet wird. Aber die Menge der feſten Stoffe iſt eine ſo geringe, daß ſie im vorliegenden Fall vernachläſſigt werden kann. — Die über die Waſſerbindung hinausgehende Chloroformaufnahme von Blut oder Cruor nenne ich die „ſpezifiſche Bindung“. Die Verſuche geſtalten ſich folgendermaßen:

5. Verſuch.

Pferdeblut (ſpezifiſches Gewicht 1066). 50 ccm werden mit 0,8%iger NaCl.-Löſung auf das 10fache verdünnt und zentrifugiert; das oben aufliegende Fett wird mit Äther abgenommen und das Serum abgeſogen. Der Cruor wird mit 50 ccm Waſſer verdünnt. Die Geſamtflüſſigkeit nach einſtündigem Durchleiten des Chloroformdampfes bei 36,5° C. beträgt noch 65 ccm. Die Entgaſung ergibt 0,038 g Chloroform. 65 ccm Waſſer würden bei 36,5° C. enthalten: 0,015 g Chloroform. Demnach enthält der Cruor von 50 ccm Blut = 0,023 g, alſo von 100 ccm Blut bei 36° C. 0,046% Chloroform, geſättigt mit 1,4% Chloroformdampf.

6. Verſuch.

Rinderblut (ſpezifiſches Gewicht 1044). a) Cruor (entſprechend 50 ccm Blut) in der oben beſchriebenen Weiſe durch neunfache Verdünnung mit 0,8%iger Kochſalzlöſung und Zentrifugieren gewonnen, wird mit 100 ccm Waſſer

verdünnt. Die Gesamtmenge beträgt nach 55 Minuten dauerndem Durchleiten des Chloroformgases bei 38° C. noch 119 g. Die Entgasung dauert 8 Stunden mit viermaligem Paraffinwechsel.

Die Analyse ergibt: 0,0482 g Chloroform. 119 g Wasser würden binden 0,025 g Chloroform. Demnach beträgt die spezifische Bindung von Cruor, entsprechend 50 ccm Blut = 0,023. Es bindet also der Cruor von 100 ccm Blut = 0,046 g.

b) Ein Kontrollversuch unter denselben Voraussetzungen ergibt bei 37,5° C. und ¾stündigem Durchleiten von Chloroformgas in 100 g Gesamtflüssigkeit 0,047 g Chloroform. 110 ccm Wasser würden binden 0,024 g Chloroform. Demnach bindet der Cruor von 50 ccm Blut 0,023 Chloroform, und von 100 ccm Blut 0,046%.

c) 50 ccm Blut werden mit der neunfachen Menge 0,8%iger Kochsalzlösung verdünnt und zentrifugiert, das oben schwimmende Fett durch Äther entfernt. Nach Absaugen des oben stehenden Plasmas wird der Cruor mit 200 ccm Wasser verdünnt, mit 200 ccm Petrol-Äther im Scheidetrichter geschüttelt und absetzen gelassen. Nach 24 Stunden wird die untere wässerige Flüssigkeit nochmals mit 200 ccm Petrol-Äther geschüttelt und die Gesamtmenge der abgesetzten Flüssigkeit — 180 ccm — zentrifugiert, durch gelindes Erwärmen und Schütteln vom etwa vorhandenen Petrol-Äther befreit. Hierbei erreicht die Flüssigkeit einmal eine Temperatur von 57° C. Dann wird abgesättigt mit 1,4% Chloroformdampf bei 37° C. Es wird in der bekannten Weise entgast.

Die Analyse ergibt 0,0472 g.

Bei der 5. Paraffinvorlage ist die Flüssigkeit auf 40° C. eine Stunde lang erwärmt. Doch ergibt die Analyse, daß kein Chloroform mehr abgegeben ist.

In 180 g Wasser würden enthalten sein 0,04 g Chloro-

form. Demnach beträgt die ſpezifiſche Bindung noch 0,007 g = 0,014 %, aus Cruor auf 100 ccm Blut bezogen.

7. Verſuch.

Kälberblut (ſpezifiſches Gewicht 1049). 50 ccm Vollblut werden 55 Minuten lang bei 38° Erwärmung von 28 l des konſtanten Chloroformdampfes durchſtrömt. Vor der Entgaſung hat das Blut noch ein Gewicht von 50 g = 48 ccm.

Die Analyſe ergibt: 0,0318 g Chloroform = 0,0636 %. Die 5. Vorlage iſt bei konſtanter Erwärmung des Blutes auf 40° C. 3 Stunden lang entgaſt, ohne bei der Analyſe Spuren von Chloroform zu zeigen. Ein Kontrolverſuch mit einſtündiger Durchſtrömung des Chloroformgaſes bei 37° C. Erwärmung ergibt bei der Entgaſung in 50 ccm Vollblut 0,0364 g Chloroform = 0,0728 %.

Danach beträgt die ſpezifiſche Bindung des Blutes bei 37° C. im Mittel beider Verſuche 0,068 — 0,023 = 0,045 % Chloroform.

Von 50 ccm desſelben Blutes wird der Cruor in der bekannten Weiſe abzentrifugiert und entfettet, dann durch etwa einſtündiges Erwärmen und Schütteln des etwa ihnen anhaftenden Petrol-Äthers beraubt. Es wird $^5/_4$ Stunden lang bei Erwärmung auf 36° Chloroformgas durchgeleitet. Die 9ſtündige Entgaſung der 150 g wiegenden Flüſſigkeit ergibt bei viermaligem Paraffinwechſel 0,0392 g. Auch hier zeigt die 5. Paraffinvorlage kein Chloroform mehr.

150 ccm Waſſer binden bei 36° C. 0,036 g Chloroform. Demnach beträgt die Bindung des entfetteten Cruors von 50 ccm Blut 0,039 — 0,036 = 0,003 = 0,006 % Chloroform.

8. Verſuch.

Rinderblut (ſpezifiſches Gewicht 1039). a) 50 ccm Vollblut. Wegen der ſtarken Schaumbildung wird das Chloroformgas nicht durchgeleitet, ſondern das Blut wird bei 37,6° C. geſchüttelt, während ein konſtanter Chloroformſtrom

$^3/_4$ Stunde lang darüber hinweg ſtreicht. Die Analyſe ergibt nach 8ſtündiger Entgaſung bei viermaligem Paraffinwechſel 0,0324 g Chloroform in 50 ccm Blut = 0,0648 %. Demnach beträgt die ſpezifiſche Bindung des Blutes 0,065 — 0,022 = 0,043 % Chloroform.

In der 5. Vorlage findet ſich kein Chloroform mehr, auch nicht in der 6., bei der das Blut 2 Stunden lang auf 42° C. erwärmt iſt.

b) Cruor (50 ccm Blut entſprechend) in der bekannten Weiſe durch Verdünnung mit der neunfachen Menge einer 0,8 %igen Kochſalzlöſung und durch Zentrifugieren gewonnen, wird mit 100 ccm Waſſer verdünnt. Durch die auf 39,5° C. erwärmte Flüſſigkeit wird 95 Minuten lang Chloroformgas geleitet. Gewicht der Flüſſigkeit 114 g. Nach 9ſtündiger Entgaſung ergibt die Analyſe 0,034 g.

114 g Waſſer würden bei 39,5° C. enthalten 0,023 g Chloroform. Demnach beträgt die ſpezifiſche Bindung des Cruors 0,034 — 0,023 = 0,011 = 0,022 % auf Cruor von 100 ccm Blut bezogen.

Ein zweiter Verſuch wurde unter denſelben Vorausſetzungen gemacht; nur wurde der Cruor mit 125 ccm Waſſer verdünnt. Die 138 g wiegende Flüſſigkeit ergibt nach 8ſtündiger Entgaſung 0,0344 g. 138 ccm Waſſer würden enthalten 0,028 g Chloroform. Demnach beträgt die ſpezifiſche Bindung 0,013 %.

c) Cruor (55 ccm Blut entſprechend) wird nach Verdünnung mit 200 ccm Waſſer 2mal mit je 200 ccm Petrol-Äther geſchüttelt und im Scheidetrichter abſetzen gelaſſen. Entfernen des Petrol-Äthers durch einſtündiges Erwärmen, Schütteln und Durchleiten von Luft. Das Durchleiten des Chloroformgaſes dauert $^3/_4$ Stunden, wobei die Flüſſigkeit auf 39° C. erwärmt iſt. Zur Entgaſung kommt eine Flüſſigkeitsmenge von 192 g, welche bei der Analyſe 0,0392 g Chloroform enthalten.

192 g Waſſer würden enthalten 0,042 g Chloroform.

Demnach würde in diefem Verfuch die fpezififche Bindung nach Entfettung = 0 fein.

Eine Kontrollprobe mit entfettetem Blut ergab nach 9 ftündiger Entgafung in 150 g Flüffigkeit 0,0358 g Chloroform.

150 g Flüffigkeit würden 0,033 g Chloroform enthalten. Demnach wäre die fpezififche Bindung des entfetteten Cruors aus 100 ccm Blut = 0,006 %.

9. Verfuch.

Rinderblut (fpezififches Gewicht 1054).

Über 50 ccm Vollblut wird $^5/_4$ Stunden lang Chloroformgas geleitet. Das Blut, das auf 38,5° C. erwärmt ift, wird während des Durchleitens des Chloroformgafes dauernd gefchüttelt. Nach 8 ftündiger Entgafung ergibt die Analyfe 0,032 g Chloroform = 0,064 %. Demnach beträgt die fpezififche Bindung 0,043 %.

Von demfelben Blut wird der aus 50 ccm gewonnene Cruor mit 125 ccm Waffer verdünnt. Beim einftündigen Durchleiten des Chloroformgafes unter Erwärmung auf 40° C. werden 14 g verfchüttet, fodaß 134 g zur Entgafung kommen. Die Analyfe ergibt 0,044 g Chloroform. In 134 g Waffer würden enthalten fein 0,027 g Chloroform, fodaß auf den Cruor 0,017 g = 0,038 % kämen.

Die 3. Probe von 50 ccm Blut wird in der bekannten Weife zentrifugiert, der Cruor verdünnt, entfettet und dann, wie oben befchrieben, durch Schütteln, Erwärmen und durch Durchleiten von Luft ihres Petrol-Äthers beraubt. Zur Entgafung kommen 168 g Flüffigkeit durch die 55 Minuten lang bei Erwärmung auf 40° C. Chloroformgas geleitet wird. Nach viermaligem Wechfel der Paraffinvorlage ergibt die Analyfe 0,0328 g Chloroform.

168 g Flüffigkeit würden bei 40° C. aufnehmen an Chloroform: 0,034 g. Demnach band der Cruor kein Chloroform mehr.

Die folgende Tabelle gibt die ſpezifiſche Bindung, wie ſie aus den vorhergehenden Verſuchen folgt, wieder:

Tabelle der ſpezifiſchen Bindungen bei Körpertemperatur für eine Spannung des Chloroformdampfes von 1,4 % bei atmoſphäriſchem Drucke.

Versuch Nr.	Tierart	Spezifische Chloroformbindung*) in 100 ccm Blut	in Cruor von 100 ccm Blut	in entfettetem Cruor von 100 ccm Blut	Spezifisches Gewicht**) des Blutes
5	Pferd		0,046		1066
6	Rind		0,046 0,046	0,014	1044
7	Kalb	0,040 0,050		0,006	1049
8	Rind	0,043	0,022 0,013	0,000 0,006	1039
9	Rind	0,043	0,038	0,000	1054

Die Tabelle ergibt zunächſt, daß die unterſuchten Blutarten in ihrem ſpezifiſchen Bindungsvermögen nicht ſehr verſchieden ſind, trotzdem ſie von verſchiedenen Tieren ſtammen und verſchiedene ſpezifiſche Gewichte haben. Weiterhin ergibt ſich, daß dem Cruor durch Ausſchütteln mit Petrol-Äther in der Tat die Fähigkeit genommen wird, Chloroform zu binden. Die geringen Werte, die einigemal gefunden ſind, erklären ſich aus der Schwierigkeit, den Cruor vollkommen zu entfetten. Eigenartig geſtaltet

*) Die ſpezifiſche Chloroformbindung iſt, wie oben definiert diejenige Chloroformmenge, welche von den in der betreffenden Flüſſigkeit enthaltenen fettartigen Stoffen bewirkt wird; die Bindung durch das Waſſer iſt demnach nicht einbegriffen.

**) Die Beſtimmung des ſpezifiſchen Gewichts bezieht ſich auf eine Temperatur von 18° C. und wurde im Piknometer ausgeführt.

ſich ferner die ſpezifiſche Bindung des nicht entfetteten Cruors. Die Zahlen wechſeln hier außerordentlich, zwiſchen 0,013 und 0,046. Hier iſt nun daran zu erinnern, daß der Cruor in der Art hergeſtellt wurde, daß das Blut zunächſt mit dem 9 fachen einer 0,8 %igen Kochſalzlöſung verdünnt wurde, ehe es in die Zentrifuge kam. Offenbar iſt die Menge der Stoffe, die dabei den Blutkörperchen entzogen werden, bei den verſchiedenen Blutarten eine ſehr verſchiedene, und ſo erklären ſich die großen Zahlendifferenzen wohl am einfachſten durch die Annahme, daß die Bindung dieſer Stoffe an die roten Blutkörperchen in den verſchiedenen Blutarten eine verſchiedene iſt.

In den bisher angegebenen Verſuchen iſt nachgewieſen, daß es, durch Petrol-Äther extrahierbare, Körper ſind, welche die ſpezifiſche Bindung des Blutes bedingen. Dieſes Reſultat hat bei näherer Betrachtung etwas auffallendes, denn es iſt bekannt, daß fetten Körpern, wie Öl etc. Chloroform nur ſehr ſchwer zu entziehen iſt, während dies beim Blut mit Leichtigkeit — nämlich durch einen Luftſtrom — möglich iſt. Die Betrachtung leitet auf die Folgerung, daß es offenbar unter beſtimmten Umſtänden möglich ſein muß, den Fetten etwaiges, in ihnen gelöſtes Chloroform leicht zu entziehen. Am nächſten lag die Idee, daß dies bei einer feinen Fettemulſion gehen würde, denn hier iſt die Oberfläche für Abgabe von Chloroform eine ſehr große. Daher wurden zunächſt folgende Verſuche angeſtellt: Fett (Olivenöl) in gemeſſener Menge wurde in einer 0,1 %igen, abgemeſſenen Sodalöſung ſorgfältig emulgiert. Dann wurde durch die Emulſion eine Stunde lang Chloroformdampf von 1,4 % Spannung bei konſtanter Temperatur hindurchgeleitet. Darauf wurden mit der Pipette 25 ccm abgeſogen und der Chloroformgehalt durch Verſeifung mit überſchüſſiger chlorfreier Natronlauge und

durch Veraſchung des Olivenöls beſtimmt. Der Reſt, 100 ccm wurde im Apparat vom Chloroformdampf befreit.

Die Verſuche geſtalten ſich folgendermaßen:

1. Verſuch.

125 ccm einer 0,1%igen Sodalöſung werden mit 0,25 g Olivenöl geſchüttelt, ſodaß eine feine milchartige Emulſion reſultiert. Nachdem 50 Minuten lang der konſtante Chloroformgasſtrom (1,4%) durch die auf 36° C. im Waſſerbade erwärmte Emulſion geleitet iſt, werden werden 25 ccm mit der Pipette abgeſogen und mit 30 ccm Natriumalkoholat und 100 ccm abſolutem Alkohol 2½ Stunde lang verſeift, eingedampft und veraſcht. Die Aſche wird alsdann in deſtilliertem Waſſer gelöſt, ſchwach angeſäuert und filtriert. Zur Entfernung der Kohlenſäure wird aufgekocht, gegen Phenolphtalein und Lakmuspapier neutraliſiert und titriert.

Die Analyſe ergibt in den 25 ccm 0,010 g Chloroform = 0,040%.

Der Reſt der Emulſion, 100 ccm, wird 8 Stunden lang bei 40° C. Erwärmung entgaſt bei 4maligem Paraffinwechſel und ergibt bei der Analyſe 0,0384 g Chloroform = 0,0384%. Eine 5. Paraffinvorlage weiſt keine Spur von Chloroform mehr auf.

Bei ſo geringen Ölmengen und guten Emulſion iſt demnach eine vollkommene Entgaſung in der Tat möglich. Ein ähnliches Reſultat ergibt auch folgender Verſuch mit größeren Ölmengen.

2. Verſuch.

125 ccm einer 0,1%igen Sodalöſung werden mit 0,475 g Olivenöl geſchüttelt. Von dieſer 0,3% Fettemulſion werden 25 ccm nach einſtündigem Durchleiten des Chloroformgaſes bei 36,6° C. Erwärmung direkt verſeift und veraſcht. Die Analyſe ergibt 0,0072 Chloroform = 0,0288%.

Der Reſt (100 ccm) wird 8 Stunden lang unter kon-

ſtanter Erwärmung auf 40° C. bei 4 maligem Paraffinwechſel entgaſt. Die Analyſe ergibt einen Chloroformgehalt von 0,0337 g = 0,0337 %.

Die 5. und 6. Paraffinvorlage ergaben nach 5 ſtündigem Entgaſen kein Chloroform mehr.

Die Differenz beider Beſtimmungen in dieſem Verſuch (0,005 %) iſt nicht ſehr groß, und da die Veraſchung den kleineren Wert ergab, ſo iſt wohl eine geringe Ungenauigkeit die wahrſcheinliche Urſache. Denn ein Beſtimmungsfehler von 0,001 g Chloroform bei der Veraſchung wie er wohl vorkommen kann, erklärt das Reſultat vollkommen. Als ich aber bei gleicher Verſuchsanordnung dann eine 1 %ige Öllöſung verwandte, erhielt ich viel ſchlechter ſtimmende Zahlen, nämlich durch Verſeifung 0,0448 % und durch Entgaſung 0,0347 %.

Vielleicht ſtammt die Differenz daher, daß eine ſo große Ölmenge ſchwer ganz gleichmäßig zu emulgieren iſt. Denn als ich mit einer ſchlecht emulgierten Löſung die Verſuche wiederholte, erhielt ich noch viel ſchlechter ſtimmende Reſultate. Ich emulgierte nämlich eine 0,1 %ige Miſchung von Öl in Waſſer durch Schütteln, ſättigte mit 1,4 %igem Chloroformdampf ab und erhielt 0,0204 g Chloroform in 100 ccm, d. i. eine Menge, wie ſie von 100 ccm Waſſer allein abſorbiert wird. Bei einem 2. gleichen Verſuch ergab die Verſeifung von 25 ccm einer 0,162 % Fettemulſion 0,0252 g Chloroform = 0,1008 %. Die Entgaſung von 100 ccm derſelben Emulſion nur 0,0192 %. Bei dieſem Verſuch waren 25 ccm der obenauf ſchwimmenden Schicht zur Verſeifung, der Reſt 100 ccm zur Entgaſung im Apparat gebraucht, jene enthält als ölreicherer Teil ſelbſtverſtändlich auch mehr Chloroform als dieſe. Ich habe dieſe Fragen nicht weiter unterſucht, da ſo große Mengen Fett, reſp. ſo ſchlechte Emulſionen im Blut nicht vorkommen.

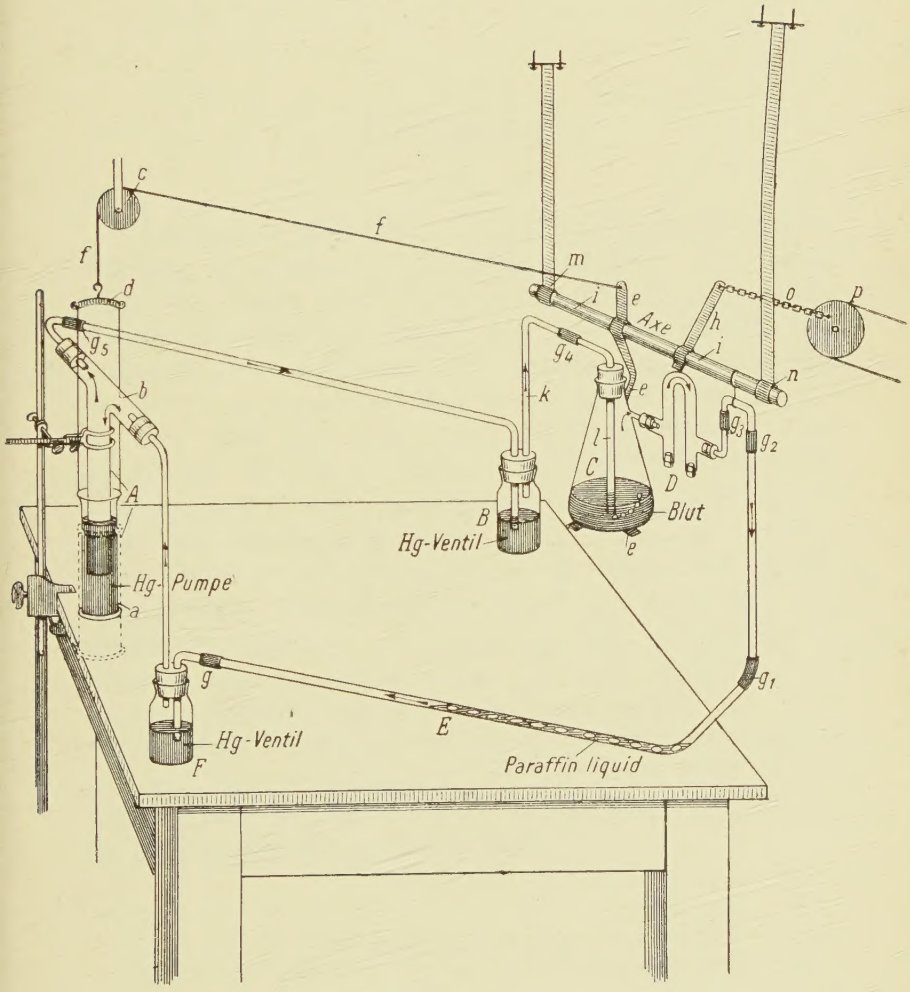
Faſſe ich das Hauptreſultat meiner Arbeit kurz zuſammen, ſo ergibt ſich: Durch Entfettung mittels

Petrol-Äthers läßt sich den Blutkörperchen ihre Fähigkeit, Chloroform zu binden, entziehen.

Zum Schluß gestatte ich mir, Herrn Prof. Geppert meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildung.

A. Quecksilberpumpe.
B. Quecksilberventil leitet die Luft von der Pumpe zu *C.*
C. Erlenmeierscher Kolben, in dem sich die zu entgasende Flussigkeit befindet.
D. U-Rohr zum Auffangen des Schaumes.
E. Glasrohr, in dem sich das Paraffin befindet.
F. Quecksilberventil, das die Luft zur Pumpe führt.
a. Zylinder, teilweise mit Quecksilber gefüllt, geht auf und nieder; die punktierten Linien geben die tiefste Stellung an.
b. T-Stück an einem Stativ befestigt.
c. Rolle, über die die Schnur von *d* nach *e* läuft
d. Ein Eisenstück mit 2 Ösen, an die mit 2 Bindfäden der Zylinder *a* befestigt ist.
e. Gestell, auf dem der Erlenmeier befestigt ist und das an die Achse *i* festgeschraubt ist.
g. g_1, g_2 u. s. w. Verbindungen durch Gummischläuche.
h. Eisenstab, an der Achse befestigt.
i. Achse.
k. l. Glasröhren, zur Verbindung des Ventils mit dem Erlenmeier.
m. n. Achsenlager.
o. Verbindungskette von *h* mit dem Excenter *p*.
Die Pfeile deuten die Richtung des Luftstroms an.


c
f
f
d
g_5
b
A
a
Hg-Pumpe
g
Hg-Ventil
F
E
m
i
e
Axe
h
i
o
p
n
g_4
k
e
l
C
D
Blut
e
B
Hg-Ventil
g_3
g_2
g_1
Paraffin liquid

Lebenslauf.

Am 22. Mai 1873 wurde ich, Hermann Heinrich Wilhelm Sturhan, zu Dielingen (Weſtfalen) geboren. Von Oſtern 1878 bis Oſtern 1883 beſuchte ich die Elementarſchule meines Heimatsortes, darauf bis 1888 die Selekta der Bürgerſchule zu Lübbecke i. W., um dann das Gymnaſium in Minden zu beziehen. Von dieſer Anſtalt ging ich am 5. März 1892 mit dem Zeugnis der Reife ab. Vom 1. Oktober 1892 bis 1. Oktober 1893 ſtand ich als Roßarzt-aſpirant beim 8. Huſaren-Regiment, um von dort auf ein Jahr zur Lehrſchmiede Berlin kommandiert zu werden. Vom Oktober 1894 ſtudierte ich in Berlin als Militär-Studierender Tierheilkunde, beſtand im April 1896 das tentamen physicum und unterzog mich mit Erfolg im Sommer 1898 der Fachprüfung. Als Unter-Roßarzt wurde ich ins 4. Ulanen-Regiment nach Thorn verſetzt, als Oberveterinär am 1. Oktober 1903 zur Milit.-Veterinär-Akademie auf ein Jahr kommandiert und im Jahre 1904 in das Leibdragoner-Regiment Nr. 24 in Darmſtadt verſetzt, wo ich mich gegenwärtig noch befinde.